Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 104-120
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2206-1038

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۳ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۱
صفحهٔ ۱۲۰-۱۰۴، نوع مقاله: پژوهشی

بررسی عملکرد ذرت علوفه‌ای (*Zea maize* L.) تحت تأثیر تراکم بوته باقلا (*Vicia faba* L.) و مصرف نیتروژن در سیستم بدون خاک‌ورزی

سمانه قربی[1]، علی عبادی[2]*، سعید خماری[3] و مسعود هاشمی[4]

۱- دانشجوی دکتری رشته زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل؛ smn.ghorbi.ch@gmail.com
۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل؛ ali.ebadi.khazineh@gmail.com
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل؛ saeid.khomari@gmail.com
۴- استاد گروه علوم خاک و فیزیولوژی گیاهان زراعی، عضو هیئت علمی دانشگاه ماساچوست، آمریکا؛ masoud@umass.edu

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۱، **بازنگری:** ۱۴۰۱/۰۴/۲۱، **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۶/۰۸؛ **انتشار آنلاین مقاله:** ۱۴۰۱/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
قربی، س.، عبادی، ع.، خماری، س.، و هاشمی، م. ۱۴۰۱. بررسی عملکرد ذرت علوفه‌ای (*Zea maize* L.) تحت تأثیر تراکم بوته باقلا (*Vicia faba* L.) و مصرف نیتروژن در سیستم بدون خاک‌ورزی. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۳(۲): ۱۲۰-۱۰۴.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تراکم بوته باقلا در تناوب و استفاده از کود نیتروژن معدنی بر عملکرد خشک علوفه ذرت علوفه‌ای، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به اجرا درآمد. عامل‌های مورد مطالعه شامل تراکم بوتهٔ باقلا در تناوب (۲۵، ۳۵، ۴۰ و ۸۰ بوته در مترمربع) و سطوح نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بر پایه کود اوره) در ذرت علوفه‌ای بودند. همچنین یک سطح نکاشت از باقلا به منظور مقایسه‌ی اثر تراکم‌های مختلف این گیاه بر ویژگی‌های ذرت علوفه‌ای در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر تراکم بوته باقلا بر عملکرد دانه، وزن۱۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و نیز درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز در باقلا معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۸۰ بوته باقلا به‌دست آمد و در تراکم ۴۰ بوته باقلا بیشترین وزن۱۰۰دانه و شاخص برداشت مشاهده شد. همچنین در این آزمایش، عملکرد خشک علوفه ذرت، عملکرد پروتئین، کارآیی زراعی و کارآیی بازیافت نیتروژن تحت تأثیر اثر متقابل تراکم بوته باقلا و کاربرد کود نیتروژن قرار گرفت. بیشترین عملکرد خشک علوفه ذرت علوفه‌ای از تیمار تراکم ۴۰ بوته باقلا+۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۵۵ درصدی نشان داد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که قرارگیری باقلا در تناوب با ذرت علوفه‌ای می‌تواند از طریق کاهش مصرف کود نیتروژن، باعث افزایش عملکرد خشک علوفه، بهبود کارآیی زراعی و بازیافت نیتروژن نسبت به سیستم تک‌کشتی در ذرت علوفه‌ای گردد.

واژه‌های کلیدی: تناوب؛ حبوبات؛ علف‌هرز؛ کارآیی بهره‌وری نیتروژن؛ کارآیی زراعی نیتروژن

مقدمه

کودهای شیمیایی نیتروژن معمولاً برای افزایش عملکرد اقتصادی در کشت ذرت مورد استفاده قرار می‌گیرد (Zhang *et al.*, 2015)، اما نیتروژن اضافه‌شده به خاک در نظام‌های زراعی به صورت کامل در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد و ممکن است دچار آبشویی، تصعید و... شود و از این طریق می‌تواند باعث کاهش کارآیی جذب نیتروژن و آسیب‌های جدی زیست محیطی گردد (Woodley *et al.*, 2018). در همین راستا، مطالعات بسیاری به بررسی روش‌های مختلف مدیریت زراعی، چگونگی بهبود سلامت خاک و کاهش تلفات نیتروژن در خاک پرداختند و بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش‌ها، استفاده از سیستم بدون خاک‌ورزی و یا کاهش خاک‌ورزی و همچنین استفاده از تناوب محصولات زراعی می‌تواند به عنوان روشی مناسب به منظور بهبود سلامت خاک، افزایش کربن آلی و نیتروژن کل موجود در خاک مورد استفاده قرار گیرد (Congreves *et al.*, 2015; Lehman *et al.*, 2017; Renwick *et al.*, 2018). افزایش فعالیت میکروبی، حفظ بقایای گیاهی بر سطح خاک، کارآیی استفاده از منابع، احیای

* نویسنده مسئول: ali.ebadi.khazineh@gmail.com

سلامت خاک و به‌حداقل‌رساندن فرسایش خاک از دیگر مزیت های استفاده از سیستم بدون خاک‌ورزی است (Triplett & Dick 2008; Hobbs, 2007). از سویی دیگر کاهش تلفات نیتروژن از طریق اکوسیستم‌های کشاورزی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش جمعیت آفات، افزایش کارآیی استفاده از نیتروژن و کاهش نیتروژن مورد نیاز برای دستیابی به حداکثر عملکرد نیز از مزیت‌های استفاده از یک سیستم تناوبی مناسب می‌باشد (Lehman *et al*., 2017; Jalli *et al*., 2021). به عنوان مثال، استفاده از حبوبات در تناوب با ذرت و یا به عنوان گیاه پوششی می‌تواند باعث بهبود عملکرد ذرت و کاهش نیاز به مصرف کود نیتروژن در این گیاه شود (Congreves *et al*., 2015; Gaudin *et al*., 2015). همچنین حفظ بقایای گیاهی حبوبات بر روی سطح خاک همراه با مصرف نیتروژن در کوتاه مدت باعث افزایش بهره‌وری نیتروژن در خاک می‌شود (Pandiaraj *et al*., 2015). Tariq *et al*, (2010) و Rahimizadeh *et al*, (2010) بیان کردند که آزادسازی تدریجی نیتروژن از بقایای گیاهی نسبت به آزادسازی سریع این عنصر (استفاده از کود شیمیایی نیتروژن) باعث افزایش کارآیی جذب نیتروژن در گندم (*Triticum aestivum* L.) شد. باقلا (*Vicia faba* L.) یکی از مهم‌ترین حبوبات دانه‌ای است که حاوی پروتئین بالایی است (۲۴-۳۰ درصد) و مانند سایر گیاهان این خانواده دارای قابلیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن است (Sillero *et al*., 2010). Karkanis *et al*, (2018) گزارش کردند که قرارگیری باقلا در تناوب‌های زراعی باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش عملکرد در محصولات بعدی می‌شود.

ذرت دارای مصارف متعددی از جمله غذایی، تعلیف دام و اخیراً به منظور منبع انرژی برای سوخت‌های زیستی است (Rakshit *et al*., 2017). تناوب زراعی به‌عنوان یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در عملکرد ذرت شناخته می‌شود (Grassini *et al*., 2011) و تأثیر قابل‌توجه محصولات در تناوب با ذرت روی رشد و بهره‌وری این گیاه در مطالعات متعدد به اثبات رسیده است (Franke *et al*., 2017; Kermah *et al*., 2019). Soon *et al*, (2001) و Dawson *et al*, (2008) گزارش کردند که کارآیی نیتروژن ذرت در تناوب با حبوبات نسبت به تک‌کشتی ذرت بهبود می‌یابد.

El-Gizawy (2009) نیز بیان کرد که عملکرد ذرت پس از باقلا به میزان قابل‌توجهی افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه ذرت در تناوب با باقلا از کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد و عنوان شد که این افزایش در عملکرد ذرت ممکن است به دلیل بهبود مواد آلی و افزایش نیتروژن خاک توسط باقلا باشد. Tolera *et al*, (2009) نیز در آزمایشی مشاهده کردند که استفاده از لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L.) در تناوب با ذرت به دلیل افزایش نیتروژن خاک، نیاز به کود شیمیایی نیتروژنی را در ذرت کاهش می دهد. Beslemes *et al*, (2013) نیز گزارش کردند که قرارگیری باقلا در تناوب با ذرت، باعث کاهش مصرف کود نیتروژنی در ذرت شد، به‌طوری‌که تولید ماده خشک بالاتر ذرت با کاربرد متوسط کود (۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به دست آمد و قرارگیری باقلا در تناوب با ذرت در زمان عدم مصرف کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد و افزایش بازیافت نیتروژن در ذرت به ترتیب به میزان ۸/۳ و ۱۵-۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. بر اساس مشاهدات Uzoh *et al*, (2019) نیز استفاده از حبوبات در تناوب با ذرت دانه‌ای و زیرخاک‌کردن بقایای آنها و نیز استفاده از ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش عملکرد ذرت نسبت به سیستم تک‌کشتی در این گیاه شد.

انتخاب کشاورزی پایدار و استفاده از روش‌های زراعی نظیر سیستم بدون خاک‌ورزی، تناوب زراعی با حبوبات و حفظ بقایای آنها در سطح خاک باعث افزایش حاصلخیزی و سلامت خاک و پایداری تولید در چنین سیستم‌هایی می‌شود (Liu *et al*., 2020; Rocha *et al*., 2020; Ginakes *et al*., 2018; Oliveira *et al*., 2019) و از آنجا که باقلا ظرفیت بالایی در تثبیت نیتروژن دارد، در این آزمایش فرض بر این بود که کشت باقلا در تناوب با ذرت علوفه‌ای و استفاده از کشاورزی پایدار می‌تواند تا حد زیادی نیاز به کود شیمیایی نیتروژن را در ذرت کاهش دهد و کارآیی نیتروژن را نسبت به تک‌کشتی ذرت افزایش دهد. همچنین هدف از این پژوهش تعیین تراکم مناسب بوته در باقلا و میزان اثر آن در تناوب بر ذرت علوفه‌ای به عنوان کشت بعدی و نیز ارزیابی کارآیی کود نیتروژن در آن بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی واقع در روستای بابلان در اردبیل اجرا شد. اقلیم منطقه سرد و خشک و مختصات جغرافیایی آن ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل و سه تکرار به اجرا درآمد. عامل‌های مورد مطالعه شامل تراکم مختلف بوته در باقلا (۲۵، ۳۵، ۴۰ و ۸۰ بوته) (Al-Suhaibani *et al*., 2013) و سطوح نیتروژن بر پایه کود اوره (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰

کیلوگرم در هکتار) در ذرت علوفه‌ای (Lamptey *et al*., 2018) بودند. همچنین یک سطح نکاشت از باقلا به منظور مقایسه اثر تراکم‌های مختلف باقلا بر ویژگی‌های ذرت علوفه‌ای در نظر گرفته شد. خاک منطقه از نوع لومی و به ترتیب دارای ۳۵، ۴۲ و ۲۳ درصد شن، سیلت و رس بود. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش و شرایط آب و هوایی منطقه به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. اندازه هر کرت آزمایشی سه در چهار متر بود که با یک فاصله یک متری از هم جدا شدند. همچنین، فاصله بین بلوک‌ها نیز یک متر در نظر گرفته شد. رقم باقلای کشت‌شده در این آزمایش، شادان بود که در سال ۱۳۹۶ توسط مؤسسه اصلاح بذر و نهال ایران معرفی شد. عملکرد بالا، قابلیت برداشت مکانیزه و نیز درصد پروتئین بالا از ویژگی‌های این رقم می‌باشد. در هر دو سال بذور باقلا قبل از کاشت، خیسانده شده و پس از تلقیح با باکتری *Rhizobium leguminosarum* var *viciae* (Siczek & Lipiec, 2016) بر اساس تراکم‌های مورد نظر در تاریخ سوم اسفندماه کشت گردید. در مرحله رویشی و در هر دو سال، به میزان ۲۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار به منظور بهبود گره‌زایی در باقلا استفاده شد (Mohamed & Babiker, 2012). از مرحله سبزشدن تا رشد رویشی باقلا و به منظور استقرار بهتر گیاهچه‌ها، علف‌های هرز به‌صورت دستی وجین شدند و پس از آن هیچ کنترلی اعم از فیزیکی و شیمیایی بر جمعیت علف‌های هرز صورت نگرفت (Kebede *et al*., 2015). همچنین باقلا برای نخستین‌بار در این منطقه کشت شد. از آنجا که باقلا گیاهی رشدنامحدود است، بذور آن طی دو مرحله (در مرحله بلوغ فیزیولوژیک و در یک مکان) و با استفاده از یک کوآدرات ۰/۵ متر در ۰/۵ متر و با حذف اثر حاشیه به‌صورت دستی در اوایل و اواخر خرداد برداشت شدند. پس از نمونه‌برداری و برداشت در مرحله دوم، بوته‌های باقلا به‌صورت دستی کف‌بر شدند. بلافاصله پس از آن و بدون خاک‌ورزی، بذور ذرت به‌صورت دستی و در میان ردیف-های باقلا با تراکم ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار در تاریخ‌های سوم تیرماه ۱۳۹۷ و پنجم تیرماه ۱۳۹۸ کشت شدند. رقم ذرت کشت‌شده در این آزمایش، کوشا (KSC 201) بود که یک هیبرید زودرس ذرت است. این رقم در سال ۱۳۹۵ توسط مؤسسه اصلاح بذر و نهال ایران معرفی شد. به‌صورت میانگین در یک بازه‌ی زمانی ۷ روزه، بذور هر دو گیاه، در هر دو سال سبز شدند. با توجه به شرایط آهکی خاک و غیرقابل‌دسترس‌شدن آهن، محلول‌پاشی با آهن، در سه مرحله و با فاصله زمانی ۱۰ روز با Fe-EDTA انجام پذیرفت (Ghazvineh & Yousefi, 2012; Chen & Barak, 1982).

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک منطقه در دو عمق قبل از شروع انجام آزمایش

Table 1. Soil chemical characteristics at two depths in the experimental area before planting

فصل رشد **Growing Season**	عمق خاک (سانتی‌متر) **Depth (cm)**	اسیدیته خاک **pH**	ماده آلی خاک (گرم بر دسی متر مکعب) **SOM (g dm^{-3})**	روی **Zn^{2+}** (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **(mg kg^{-1})**	پتاسیم **K^{+}**	فسفر **P**	نیتروژن کل (٪) **Total Nitrogen (%)**	آهک **CAO**	عصاره اشباع (٪) **Base saturation (%)**
۹۷-۱۳۹۶ (2018)	(0-15)	7.8	1.3	18	212	8.29	0.06	14.4	49
	(15-30)	7.6	0.7	13	143	6.5	-	-	-
۹۸-۱۳۹۷ (2019)	(0-15)	7.9	1.3	19	220	8.9	0.06	14.5	48
	(15-30)	7.7	0.7	15	152	6	-	-	-

کود نیتروژن به‌صورت اوره و پخش سطحی طی سه مرحله و با فاصله زمانی ده روز در مرحله V_5ذرت اعمال شد (Sangoi *et al*., 2007). ذرت علوفه‌ای ۱۰۰ روز پس از کاشت و به‌دلیل خنک‌شدن هوا در مرحله شیری برداشت گردید. بذور مورد استفاده در این آزمایش برای هر دو گیاه و در هر دو سال از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل تهیه شدند. درصد جوانه‌زنی هر دو محصول، در هر دو سال، بالای ۹۸ درصد بود. شته‌ها در ابتدای مرحله زایشی هر دو محصول و در هر دو سال ظاهر شدند که جمعیت آنها به‌صورت طبیعی توسط کفشدوزک‌ها کنترل شد. مکان انجام این آزمایش در هر دو سال در یک مزرعه، ولی در دو قطعه مجاور هم بود. در هر دو سال قبل از انجام این آزمایش، هر دو قطعه زمین به‌صورت آیش و با غالبیت علف‌های هرز پهن‌برگ یکساله‌ای مانند *Amaranthus retroflexus* L. و *Chenopodium album* رها شده بودند. در طول فصل رشد هر دو گیاه زراعی و در هر دو سال از هیچ‌گونه علف‌کش، آفت-کش و کود شیمیایی (غیر از تیمار نیتروژن مربوط به ذرت) و آلی استفاده نشد. آبیاری در طول فصل رشد هر دو گیاه زراعی و در هر دو سال به‌صورت کرتی و منظم و بر اساس نیاز گیاه، شرایط آب و هوایی و خاکی منطقه بود.

جدول ۲- داده‌های هواشناسی اردبیل در طول دوره آزمایش

Table 2. Ardabil meteorological data during the study period

فاکتورهای هواشناسی Meteorology data	سال Year	اسفند March	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October
سال ۹۷-۱۳۹۶ **Year (2018)**									
مجموع بارش ماهانه (میلی‌متر) Monthly rain (mm)		26.5	9.3	60.3	28.2	3.9	0.9	7.3	9.0
میانگین دمای حداکثر (سانتی‌گراد) Mean max. temp. (^{C})		12.4	15.7	18.6	23.5	29.2	25.8	24.6	20.1
میانگین دمای حداقل (سانتی‌گراد) Mean min. temp. (^{C})		1.5	2.3	5.9	10.0	13.7	14.9	10.5	8.1
تشعشعات دریافتی (مگاژول برمترمربع) Radiation received (MJm^{-2})		157.5	170.9	196.3	248.6	344.2	255.6	282.1	193.4
رطوبت نسبی (٪) Relative humidity (%)		73	66	71	71	60	69	68	76
سال ۹۸-۱۳۹۷ **Year (2019)**									
مجموع بارش ماهانه (میلی‌متر) Monthly rain (mm)		25.9	40	29.5	13	0.1	0	18.8	53.3
میانگین دمای حداکثر (سانتی‌گراد) Mean max. temp. (^{C})		9.5	13.4	19.8	25.7	25.7	26.7	22.5	23.0
میانگین دمای حداقل (سانتی‌گراد) Mean min. temp. (^{C})		-1.3	2.6	5.0	9.5	11.8	12.6	10.2	7.8
تشعشعات دریافتی (مگاژول برمترمربع) Radiation received (MJm^{-2})		173.6	163	258.1	287.7	336	314.1	213.2	240.6
رطوبت نسبی (٪) Relative humidity (%)		71	73	63	58	62	61	71	66

ویژگی‌های مورد مطالعه در هر دو سال در باقلا شامل عملکرد دانه، وزن۱۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز بود و در ذرت علوفه‌ای ویژگی‌هایی مانند عملکرد تر و خشک علوفه، عملکرد پروتئین، کارآیی بهره‌وری نیتروژن، کارآیی زراعی نیتروژن و کارآیی بازیافت نیتروژن در بافت‌های هوایی مورد بررسی قرار گرفتند.

برای محاسبه عملکرد دانه در باقلا، بذور در آون ۶۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت (Berkenkamp & Meeres, 1986) خشک گردید و پس از آن توسط ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) وزن شد. برای محاسبه وزن۱۰۰دانه، ۱۰۰عدد بذر خشک به‌صورت تصادفی از نمونه بذری جدا شده و وزن آنها توسط ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، کل بخش‌های هوایی گیاه در آون ۶۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و پس از آن توسط ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱ گرم) وزن آنها محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک ضرب‌در صد به‌دست آمد.

درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Somani, 1992):

$$\text{درصد کاهش وزن خشک علف هرز} = \frac{\text{وزن خشک علف هرز در کرت شاهد} - \text{وزن خشک علف هرز در کرتهای تیمارشده}}{\text{وزن خشک علف هرز در کرت شاهد}} \times 100 \quad (۱)$$

برای محاسبه عملکرد تر و خشک علوفه در ذرت، پس از حذف اثر حاشیه سه عدد بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و از نزدیک سطح خاک بریده شد و پس از آن بوته‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند، در ابتدا توسط ترازو وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد و پس از آن بوته‌ها در آون ۷۵ درجه به‌مدت ۷۲ ساعت خشک (Perry & Compton, 1977) و وزن آنها توسط ترازو محاسبه گردید. در نهایت اعداد به‌دست‌آمده به متر مربع تعمیم داده شدند. عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب وزن خشک بوته در مقدار پروتئین به‌دست آمد. جهت محاسبه کارآیی بهره‌وری، کارآیی زراعی و کارآیی بازیافت نیتروژن در بافت هوایی از معادلات زیر استفاده شدند (Abbasi *et al*., 2010):

$$\text{کارآیی بهره‌وری نیتروژن} = \frac{\text{عملکرد خشک علوفه}}{\text{مجموع نیتروژن کل گیاه}} \quad (۲)$$

$$\text{کارآیی زراعی نیتروژن} = \frac{\text{عملکرد در کرتی که نیتروژن دریافت کرده} - \text{عملکرد در کرتی که نیتروژن دریافت نکرده}}{\text{مجموع نیتروژن خاک}} \quad (۳)$$

$$\text{کارآیی بازیافت نیتروژن} = \frac{\text{مقدار نیتروژن موجود در شاخساره در کرتی که نیتروژن دریافت کرده} - \text{مقدار نیتروژن موجود در شاخساره در کرتی که نیتروژن دریافت نکرده}}{\text{مجمع نیتروژن خاک}} \quad (۴)$$

نمونه‌برداری بافت هوایی در اندازه‌گیری نیتروژن از تمامی اندام‌های هوایی گیاه (ساقه، برگ و بلال) پس از خشک‌شدن صورت پذیرفت. تمامی بخش‌های هوایی ذرت پس از خشک شدن، توسط آسیاب بزرگ (شرکت ایران خودساز) به خوبی آسیاب و مخلوط شدند. پس از آن، ۵ گرم از هر نمونه داخل پاکت جداگانه بسته‌بندی و با ذکر مشخصات دقیق به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی جهت اندازه‌گیری درصد نیتروژن بافت هوایی (روش کجلدال) ارسال شد.

مجموع نیتروژن خاک: مقدار نیتروژن تثبیت‌شده توسط باقلا در هر تراکم+مقدار کود مصرفی در هر کرت+میزان نیتروژن اولیه در خاک.

برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن تثبیت‌شده در بقایای باقلا از روش دفن‌کردن بقایا (Etemadi *et al*., 2018) استفاده شد. میزان ۱۰۰گرم نمونه ریشه و بافت هوایی باقلا از تراکم های مختلف (مجموع ۱۶۸ عدد نمونه ریشه و بافت هوایی) به صورت جداگانه داخل کیسه‌های مشبک نایلونی به ابعاد ۲۰×۱۰ سانتی‌متر قرار گرفت. نمونه‌های ریشه در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک دفن و نمونه‌های بافت هوایی روی سطح خاک قرار گرفتند. یک هفته پس از آن، نمونه‌برداری به‌صورت هفتگی آغاز و تا پایان مرحله برداشت ذرت صورت پذیرفت. پس از هر نمونه‌برداری، نمونه‌ها به خوبی پاک و در آون خشک شدند. در ادامه، نمونه‌های خشک‌شده آسیاب و با ذکر مشخصات کامل در بسته‌های جداگانه به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه محقق اردبیلی جهت اندازه‌گیری درصد نیتروژن (روش کجلدال) منتقل شدند. در انتها از مجموع نیتروژن رهاشده از بقایای باقلا در هر هفته، میزان نیتروژن تثبیت شده توسط هر تراکم باقلا محاسبه گردید.

محاسبات آماری پس از آزمون بارتلت، با نرم‌افزار SAS 9.4 صورت پذیرفت. برای ارزیابی آزمون بارتلت نیز نرم‌افزار SAS 9.4 استفاده شد. در این آزمایش سال به عنوان عامل تصادفی و تیمارها (تراکم بوته و سطوح نیتروژن) به عنوان عامل ثابت در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel 2016 صورت گرفت.

نتایج و بحث

باقلا

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر تراکم‌های بوته باقلا بر عملکرد دانه آن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول ۴)، عملکرد دانه باقلا با کاهش تراکم بوته به طرز چشمگیری کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۸۰ بوته به‌دست آمد که نسبت به تراکم ۲۵ بوته (کمترین عملکرد)، افزایش ۹۵ درصدی از خود نشان داد (جدول ۳).

عملکرد در واقع تابعی از رقابت درون و بین گونه‌ای برای بهره‌برداری از عوامل محیطی است. حداکثر عملکرد زمانی حاصل می‌شود که میزان این رقابت‌ها به حداقل برسد. از سویی دیگر افزایش تراکم بوته به خصوص در اوایل فصل رشد باعث پوشش کامل سایه‌انداز بوته‌ها بر سطح زمین و کاهش قدرت رقابت علف‌های هرز می‌گردد. همچنین در تراکم‌های بالاتر میزان دریافت تشعشعات خورشیدی توسط سایه‌انداز گیاهی افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه نور قابل دسترس برای علف های‌هرز کاهش می‌یابد و درصد جوانه‌زنی بذور علف‌های‌هرز نیز کاهش خواهد یافت در نتیجه گیاه زراعی قدرت رقابتی بالاتری از خود نشان می‌دهد. Dabagh zadeh *et al*, (2016) در آزمایشی مشاهده کردند که با کاهش تراکم بوته باقلا و عدم کنترل علف‌های‌هرز عملکرد دانه در این گیاه کاهش یافت.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله تغییرات برخی ویژگی‌های باقلا در تراکم‌های مختلف

Table 3. Results of combined analysis of variance on some faba bean traits in different densities

منابع تغییرات **Source of variance**	درجه آزادی **df**	عملکرد دانه **Grain yield**	وزن۱۰۰دانه **100 grain weight**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield**	شاخص برداشت **Harvest index**
بارتلت Bartlett	1	0.05^{ns}	1.4^{ns}	0.8^{ns}	0.1^{ns}
سال Year	1	7262.8^{ns}	2.3^{ns}	0.00^{ns}	0.006^{ns}
سال×تکرار Year×Replication	4	1344.4^{ns}	21.7^{ns}	0.05^{ns}	0.0004^{ns}
تراکم بوته باقلا Faba bean density	3	51185.6^{**}	385.4^{*}	0.4^{**}	0.004^{**}
سال×تراکم باقلا Year×Faba bean density	3	39.5^{ns}	0.02^{ns}	0.009^{ns}	0.0001^{ns}
خطا Error	12	1068.8	85.5	0.02	0.0003
ضریب تغییرات C.V (%)	__	11.2	11.7	14.5	6.7

ns و * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

**, * and ns: Significantly difference at $p< 0.01$ and $p< 0.05$ and not significant respectively

وزن۱۰۰دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب (جدول ۳) نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تراکم‌های بوته باقلا در سطح احتمال پنج درصد بر وزن۱۰۰دانه وجود دارد. همچنین بر اساس نتایج مقایسات میانگین (جدول ۴)، تراکم ۴۰ بوته باقلا دارای بیشترین وزن۱۰۰دانه بود که افزایش ۲۵ درصدی نسبت به تراکم ۲۵ بوته (تیمار دارای کمترین وزن۱۰۰دانه) از خود نشان داد. این ویژگی یکی از اجزای عملکرد است که نقش به سزایی در بهبود عملکرد دارد و به شدت تحت تأثیر نوع رقم می‌باشد، اما میزان آن با توجه به شرایط حاکم در طول دوره رسیدگی گیاه می‌تواند بین ۲۰ تا ۳۰ درصد متغیر باشد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش کاهش تراکم بوته باعث کاهش وزن۱۰۰دانه در باقلا شد. به‌نظر می‌رسد با افزایش تراکم بوته، استفاده از منابع رشد به‌ویژه نور بهبود یافته و از طریق کاهش وزن خشک علف‌هرز و در نتیجه کاهش رقابت بین‌گونه‌ای، فتوسنتز و تجمع ماده خشک در گیاه افزایش یافته و در نتیجه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به دانه‌ها اختصاص یافته است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تراکم‌های بوته بر برخی ویژگی‌های باقلا

Table 4. mean comparisons of plant densities effect on some faba bean traits

تراکم بوته باقلا (در مترمربع) **Faba bean density (per m^{-2})**	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) **Grain yield (g m^{-2})**	وزن۱۰۰دانه (گرم) **100 grain weight (g)**	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در مترمربع) **Biological yield (kg m^{-2})**	شاخص برداشت **Harvest index (%)**
25	193.4±15.7 b	67.7±1 d	0.8±0.09 b	0.25±0.007 c
35	233.5±10.9 c	78.7±4.6 c	0.9±0.06 b	0.27±0.01 b
40	364.8±18.5 b	84.9±2.9 a	1.2±0.05 a	0.3±0.01 a
80	376.5±12 a	84.4±2.8 b	1.3±0.04 a	0.29±0.01 ab

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Similar letter in each column indicate no significant difference at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر تراکم‌های بوته باقلا بر عملکرد بیولوژیک آن در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود. با بررسی نتایج مقایسات میانگین مشخص شد که تراکم‌های ۸۰ و ۴۰بوته باقلا دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک در مترمربع بودند که نسبت به تراکم ۲۵ بوته (کمترین میزان)، افزایشی بین ۶۳-۵۰ درصد از خود نشان دادند (جدول ۴). با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش به نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح و بهبود کنترل علف‌های‌هرز و افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک نیز روندی صعودی داشت. Maleki *et al*, (2013) در آزمایشی بیان کردند که افزایش تراکم بوته از طریق افزایش کارآیی کنترل علف‌هرز باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در عدس شد.

شاخص برداشت باقلا

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تراکم های بوته باقلا بر شاخص برداشت آن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با بررسی نتایج مقایسات میانگین مشخص شد که بیشترین شاخص برداشت از تراکم‌های ۸۰ و ۴۰ بوته به دست آمد که نسبت به تراکم ۲۵ بوته، افزایشی بین ۲۰-۱۶ درصد از خود نشان دادند (جدول ۴). Maleki *et al*, (2013) در آزمایش خود مشاهده کردند که با کاهش تراکم بوته و عدم کنترل علف‌های‌هرز شاخص برداشت در عدس کاهش یافت. آنها افزایش رقابت بین‌گونه‌ای و کاهش سطح فتوسنتزکننده در گیاه زراعی را عامل این امر بیان کردند.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مرکب دوساله اثر تراکم باقلا بر درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز

Table 5. Results of combined analysis of variance the effect of faba bean density on reduction percentage in dry weight of weeds

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز Reduction percentage in dry weight of weeds
بارتلت Bartlett		0.6^{ns}
سال Year	1	91.2^{ns}
سال×تکرار Year×Replication	4	20.8^{ns}
تراکم بوته باقلا Faba bean density	4	5817.6^{**}
سال×تراکم باقلا Year×Faba bean density	4	25.1^{ns}
خطا Error	16	31.8
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)	—	10.6

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

**, * and ns: Significantly difference at p< 0.01 and p< 0.05 and not significant respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تراکم‌های بوته بر درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز

Table 6. mean comparisons of plant densities effect on weed control efficiency

تراکم بوته باقلا (در مترمربع) Faba bean density (per m^{-2})	درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز Reduction percentage in dry weight of weeds
0	0 c
25	57.1±1.2 b
35	58.6±2.9 b
40	74.1±2.4 a
80	77±3.3 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Similar letter in each column indicate no significant difference at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۵) درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز تحت تأثیر تراکم بوته باقلا در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت و با توجه به جدول ۶، ملاحظه می‌شود که افزایش تراکم بوته در باقلا باعث افزایش درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز از تراکم ۸۰ و ۴۰بوته باقلا و کمترین میزان آن در تیمار شاهد (عدم کنترل) مشاهده شد. پس از تیمار شاهد، تیمارهای ۲۵ و ۳۵ بوته باقلا دارای کمترین درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز بودند. علت کاهش این ویژگی در تراکم‌های پایین باقلا را می‌توان به قابلیت دسترسی بالاتر علف‌های هرز به منابع محیطی مثل نور، آب و مواد غذایی نسبت داد که باعث افزایش رشد علف‌های هرز در تراکم‌های پایین‌تر باقلا می‌شود (Anafjeh *et al*., 2009).

ذرت علوفه‌ای

عملکرد تر و خشک علوفه ذرت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، وزن تر بوته تحت تأثیر تراکم بوته باقلا در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت (جدول ۷). نتایج مقایسات میانگین نیز نشان داد که بیشترین عملکرد تر علوفه از تیمار ۸۰ بوته باقلا با میانگین ۵/۹ کیلوگرم در مترمربع به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم کشت باقلا افزایش ۲۶ درصدی از خود نشان داد (شکل ۱). همچنین نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر متقابل تراکم بوته باقلا و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد خشک علوفه معنی‌دار شد (جدول ۷). مقایسه میانگین عملکرد خشک علوفه در تیمارهای مختلف نیز نشان داد که بیشترین وزن خشک علوفه از تیمار ۴۰ بوته باقلا+۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۲/۳ کیلوگرم در مترمربع به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم کشت باقلا+عدم کاربرد کود نیتروژن) افزایش ۱۵۵درصدی داشت (شکل ۲). عملکرد و تولید ماده خشک در ذرت به شدت به کمبود نیتروژن حساس است، از سویی دیگر، قرارگیری حبوبات در تناوب‌های زراعی می‌تواند باعث افزایش دسترسی گیاهان به نیتروژن شود (Boddey *et al*., 2010). بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش به نظر می‌رسد که کاربرد تلفیقی کود نیتروژن و استفاده از باقلا در تناوب باعث افزایش دسترسی و جذب نیتروژن و همچنین افزایش کارآیی این عنصر در مرحله‌ای از رشد گیاه که سرعت جذب نیتروژن بالاست شده، از این‌رو عملکرد خشک علوفه در این تیمارها افزایش یافت.

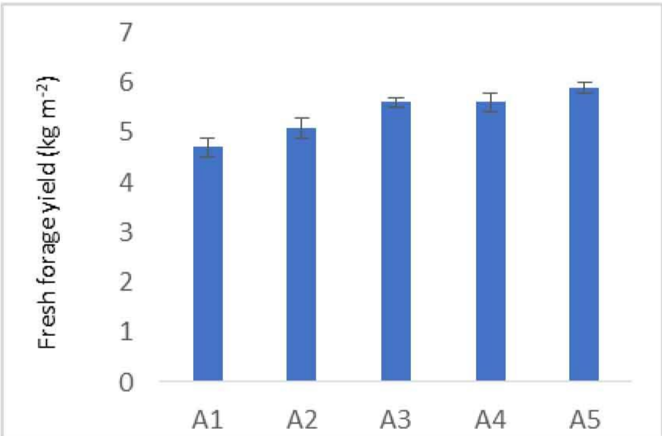
جدول ۷- نتایج تجزیه مرکب دو ساله برخی ویژگی‌های ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر تراکم بوته باقلا و کود نیتروژن

Table 7. Results of combined analysis of variance on some traits of forage corn at faba bean plant densities and N fertilizer rate

منابع تغییرات **Source of variance**	درجه آزادی **df**	عملکرد تر علوفه **Fresh forage yield**	عملکرد خشک علوفه **Dry forage yeid**	عملکرد پروتئین **Protein yield**
Bartlett بارتلت	1	1.8^{ns}	4.5^{ns}	1.7^{ns}
Year سال	1	0.5^{ns}	0.2^{ns}	84.2^{ns}
سال×تکرار Year×Replication	4	0.2^{ns}	0.005^{ns}	4.2^{ns}
تراکم باقلا Faba bean density	4	5.4^{*}	0.7^{**}	277.7^{**}
تراکم باقلا×سال Year×faba density density	4	0.6^{ns}	0.04^{ns}	1.4^{ns}
کود نیتروژن N fertilizer	3	0.2^{ns}	1.1^{**}	163.7^{**}
سال×کود نیتروژن Year×N fertilizer	3	4.4^{ns}	0.01^{ns}	3.4^{ns}
تراکم بوته باقلا×کود نیتروژن Faba bean density×N fertilizer	12	2.1^{ns}	0.3^{**}	19.5^{**}
سال×کود نیتروژن×تراکم باقلا Faba bean density ×N fertilizer×Year	12	1.2^{ns}	0.01^{ns}	1.7^{ns}
خطا Erorr	76	0.4	0.05	7.0
ضریب تغییرات C.V (%)	__	11.8	19.1	19.2

ns و * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

**, * and ns: Significantly difference at $p< 0.01$ and $p< 0.05$ and not significant respectively



شکل۱- اثر تراکم بوته باقلا بر وزن تر بوته ذرت علوفه‌ای

Fig. 1. The effect of faba bean density on fresh forage yield of corn

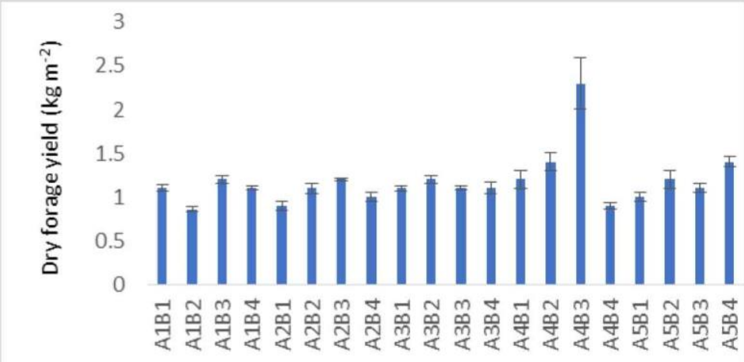
A_1: non-cultivation of faba bean (عدم کشت باقلا)

A_2: density of 25 plants of faba bean (تراکم ۲۵ بوته باقلا)

A_3: density of 35 plants of faba bean (تراکم ۳۵ بوته باقلا)

A_4: density of 40 plants of faba bean (تراکم ۴۰ بوته باقلا)

A_5: density of 80 plants of faba bean (تراکم ۸۰ بوته باقلا)



شکل ۲- اثر متقابل تراکم بوته باقلا و کود نیتروژن بر عملکرد خشک علوفه ذرت علوفه‌ای

Fig. 2. Interaction effects of faba bean density and N fertilizer on dry forage yield of forage corn

A_1: non-cultivation of faba bean (عدم کشت باقلا)

A_2: density of 25 plants of faba bean (تراکم ۲۵ بوته باقلا)

A_3: density of 35 plants of faba bean (تراکم ۳۵ بوته باقلا)

A_4: density of 40 plants of faba bean (تراکم ۴۰ بوته باقلا)

A_5: density of 80 plants of faba bean (تراکم ۸۰ بوته باقلا)

B_1: 0 kg N ha^{-1} (صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار); B_2: 100 kg N ha^{-1} (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

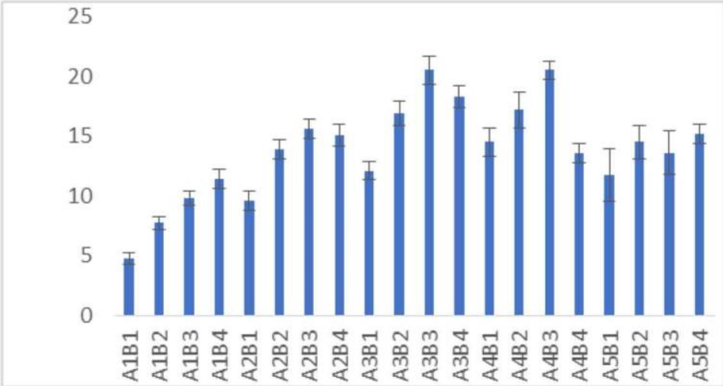
B_3: 200 kg N ha^{-1} (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار), B_4: 300 kg N ha^{-1} (۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

عملکرد پروتئین

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر متقابل تراکم باقلا و کود نیتروژن بر عملکرد پروتئین در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). بر اساس نتایج مقایسات میانگین، بیشترین عملکرد پروتئین از تیمارهای تراکم ۴۰ بوته باقلا+۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۳۵ بوته باقلا+۲۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش ۳۳۶ درصدی از خود نشان دادند (شکل۳). همان‌طور که در قسمت مواد و روش‌ها گفته شد، این ویژگی از حاصل‌ضرب درصد پروتئین خام در ماده خشک به‌دست می‌آید و نسبت به درصد پروتئین در گیاه دارای اهمیت بالاتری است، زیرا ممکن است درصد پروتئین بالا در گیاه به دلیل پایین‌بودن عملکرد در بوته چندان قابل‌توجه نباشد (Ghorbi *et al.*, 2021). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش می‌توان چنین استنباط نمود که به دلیل فراهم‌بودن بیشتر نیتروژن در حضور کود شیمیایی نیتروژن و بقایای باقلا، جذب و فراهمی این عنصر در خاک افزایش یافته که در نتیجه شرایط مطلوب تری برای رشد گیاه فراهم می‌شود و در نهایت عملکرد پروتئین افزایش می‌یابد. Hesami *et al*, (2020) گزارش کردند که برگرداندن بقایای باقلا به خاک از طریق افزایش نیتروژن خاک باعث افزایش پروتئین ذرت شد.

کارآیی بهره‌وری نیتروژن

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۸)، کارآیی بهره‌وری نیتروژن تحت‌تأثیر تراکم بوته باقلا و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. نتایج مقایسات میانگین نیز نشان داد که بیشترین کارآیی بهره‌وری نیتروژن از تیمار عدم کشت باقلا با میانگین ۸۸/۴ کیلوگرم در کیلوگرم به‌دست آمد و تراکم‌های ۲۵، ۳۵، ۳۵ و ۸۰ بوته باقلا (بدون تفاوت معنی‌داری با هم) دارای کمترین میزان کارآیی بهره‌وری نیتروژن بودند (شکل ۴). همچنین تیمار عدم استفاده از کود نیتروژن و کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان کارآیی بهره‌وری نیتروژن را نشان دادند (شکل ۴). شاخص کارآیی بهره‌وری نیتروژن مستقیماً تابعی است از عملکرد گیاه. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با افزایش میزان نیتروژن در خاک مقدار این ویژگی کاهش یافت که این کاهش را می‌توان به دلیل وجود رابطه غیرخطی بین افزایش مصرف نیتروژن و بهبود عملکرد در گیاه مرتبط دانست. در برخی از مطالعات گزارش شده است که کارآیی بهره‌وری نیتروژن با افزایش مصرف میزان نیتروژن، با وجود افزایش در عملکرد دانه، کاهش یافته است (Huggins & Pan 1993; Lopez-Bellido *et al.*, 2005).



شکل ۳- اثر متقابل تراکم بوته باقلا و کود نیتروژن بر عملکرد پروتئین ذرت علوفه‌ای (گرم در مترمربع)

Fig. 3. Interaction effects of faba bean density and N fertilizer on protein yield (g m^{-2}) of forage corn

A_1: non-cultivation of faba bean (عدم کشت باقلا)

A_2: density of 25 plants of faba bean (تراکم ۲۵ بوته باقلا)

A_3: density of 35 plants of faba bean (تراکم ۳۵ بوته باقلا)

A_4: density of 40 plants of faba bean (تراکم ۴۰ بوته باقلا)

A_5: density of 80 plants of faba bean (تراکم ۸۰ بوته باقلا)

B_1: 0 kg N ha^{-1} (صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار); B_2: 100 kg N ha^{-1} (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

B_3: 200 kg N ha^{-1} (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار), B_4: 300 kg N ha^{-1} (۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

Protein yield (g m^{-2})

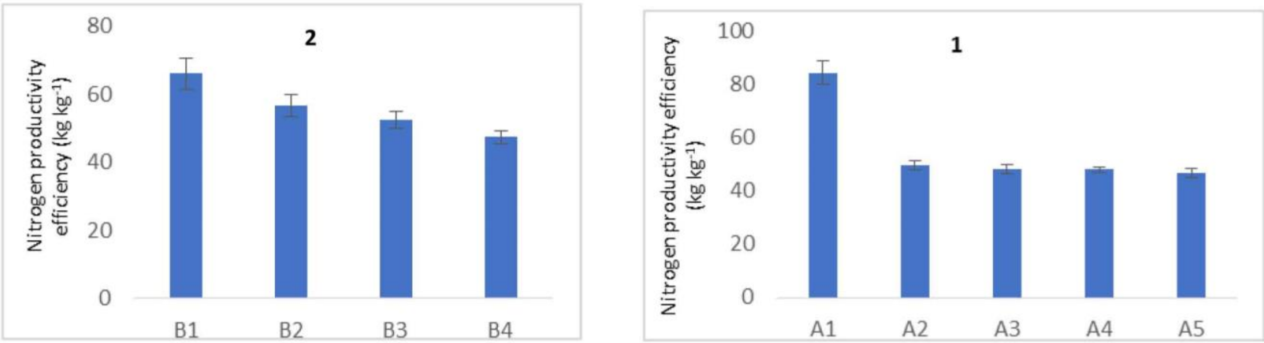
جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله برخی ویژگی‌های ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر تراکم بوته باقلا و کاربرد کود نیتروژن

Table 8. Results of combined analysis of variance for some traits of forage corn as affected by faba bean densities and N fertilizer rate

منابع تغییرات **Source of variance**	درجه آزادی **df**	کارآیی بهره‌وری نیتروژن **Nitrogen productivity efficiency**	کارآیی زراعی نیتروژن **Nitrogen agronomic efficiency**	کارآیی بازیافت نیتروژن **Nitrogen recovery efficiency**
Bartlett	1	0.3^{ns}	0.4^{ns}	0.0006^{ns}
Year سال	1	153.9^{ns}	0.2^{ns}	0.0004^{ns}
سال×تکرار Year×Replication	4	13.0^{ns}	18.4^{ns}	0.0002^{ns}
تراکم باقلا Faba bean density	4	6295.0^{**}	240.5^{**}	0.006^{**}
تراکم باقلا×سال Year×Faba density density	4	109.9^{ns}	16.8^{ns}	0.00002^{ns}
کود نیتروژن N fertilizer	3	1887.2^{**}	566.2^{**}	0.006^{**}
سال×کود نیتروژن Year×N fertilizer	3	60.5^{ns}	7.8^{ns}	0.00003^{ns}
تراکم بوته باقلا×کود نیتروژن Faba bean density ×N fertilizer	12	356.0^{ns}	151.6^{**}	0.002^{**}
سال×کود نیتروژن×تراکم باقلا Faba bean density×N fertilizer×Year	12	60.6^{ns}	8.1^{ns}	0.0001^{ns}
خطا Erorr	76	48.1	4.7	0.0002
ضریب تغییرات C.V (%)	__	12.5	20.3	24.5

ns و * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

**, * and ns: Significantly difference at p< 0.01 and p< 0.05 and not significant respectively



شکل ۴- اثر تراکم بوته باقلا (۱) و کود نیتروژن (۲) بر کارایی بهره‌وری نیتروژن ذرت علوفه‌ای

Fig 4. The effect of faba bean density (1) and N fertilizer (2) on nitrogen productivity efficiency of forage corn

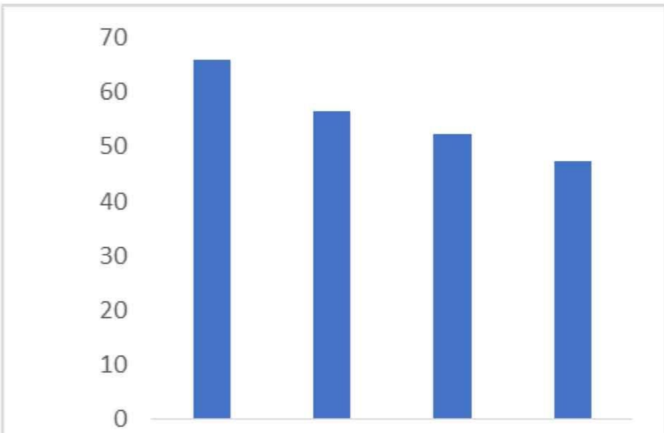
A_1: non-cultivation of faba bean (عدم کشت باقلا), A_2: density of 25 plants of faba bean (تراکم ۲۵ بوته باقلا)

A_3: density of 35 plants of faba bean (تراکم ۳۵ بوته باقلا), A_4: density of 40 plants of faba bean (تراکم ۴۰ بوته باقلا)

A_5: density of 80 plants of faba bean (تراکم ۸۰ بوته باقلا)

B_1: 0 kg N ha^{-1} (صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار); B_2: 100 kg N ha^{-1} (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

B_3: 200 kg N ha^{-1} (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار), B_4: 300 kg N ha^{-1} (۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)



شکل ۵. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر کارآیی بهره‌وری نیتروژن ذرت علوفه‌ای (کیلوگرم در کیلوگرم)

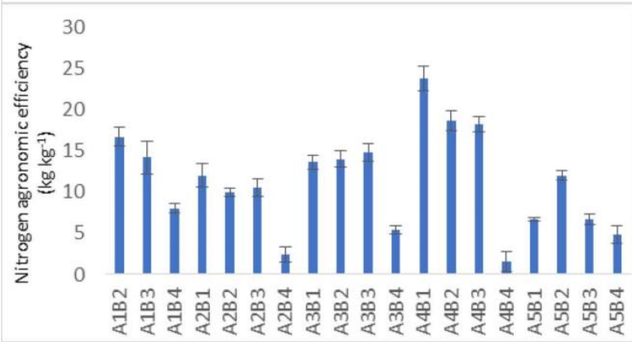
Fig. 5. The effect of different levels of N fertilizer on Nitrogen productivity (kg kg^{-1})

A_1: density of 80 plants of faba bean (تراکم ۸۰ بوته باقلا), A_2: density of 40 plants of faba bean (تراکم ۴۰ بوته باقلا)

A_3: density of 35 plants of faba bean (تراکم ۳۵ بوته باقلا), A_4: density of 25 plants of faba bean (تراکم ۲۵ بوته باقلا), A_5: non-cultivation of faba bean (عدم کشت باقلا)

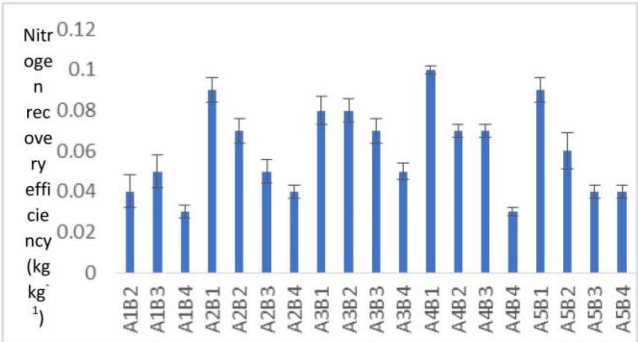
B_1: 0 kg N ha^{-1} (صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار), B_2: 100 kg N ha^{-1} (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

B_3: 200 kg N ha^{-1} (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار), B_4: 300 kg N ha^{-1} (۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)



شکل ۵- اثر متقابل تراکم بوته باقلا و کود نیتروژن بر کارایی زراعی نیتروژن ذرت علوفه‌ای

Fig. 5. The interaction effects of faba bean density and N fertilizer on Nitrogen agronomic efficiency



شکل۶- اثر متقابل تراکم بوته باقلا و کود نیتروژن بر کارایی بازیافت نیتروژن ذرت علوفه‌ای (کیلوگرم در کیلوگرم)

Fig. 6. The interaction effects of different faba bean densities and N fertilizer application on Nitrogen recovery efficiency of forage con (kg kg^{-1})

A_1: non-cultivation of faba bean (عدم کشت باقلا), A_2: density of 25 plants of faba bean (تراکم ۲۵ بوته باقلا)

A_3: density of 35 plants of faba bean (تراکم ۳۵ بوته باقلا), A_4: density of 40 plants of faba bean (تراکم ۴۰ بوته باقلا)

A_5: density of 80 plants of faba bean (تراکم ۸۰ بوته باقلا)

B_1: 0 kg N ha^{-1} (صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار), B_2: 100 kg N ha^{-1} (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

B_3: 200 kg N ha^{-1} (۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار), B_4: 300 kg N ha^{-1} (۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)

کارآیی زراعی نیتروژن و کارآیی بازیافت نیتروژن

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۸)، کارآیی زراعی و بازیافت نیتروژن تحت تأثیر اثر متقابل تراکم بوته باقلا و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. بررسی مقایسات میانگین نیز نشان داد که تیمار تراکم ۴۰ بوته باقلا+عدم کاربرد کود نیتروژن دارای بیشترین میزان کارآیی زراعی و بازیافت نیتروژن بود (شکل‌های ۵ و ۶). کارآیی زراعی نیتروژن در واقع میزان افزایش عملکرد را به ازای نیتروژن مصرف‌شده نشان می‌دهد (Sarkhosh & Abotalebian, 2013) و به نظر می‌رسد که به‌دلیل رابطه غیرخطی بین افزایش مصرف نیتروژن و بهبود عملکرد در گیاه این نتیجه حاصل شد. Beslemes *et al*, (2013) گزارش کردند که قرارگیری باقلا در تناوب با ذرت در زمان عدم مصرف کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد و افزایش بازیافت نیتروژن در ذرت به‌ترتیب به میزان ۸/۳ و ۱۵-۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه، وزن۱۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت باقلا از تراکم‌های ۴۰ و ۸۰ بوته این گیاه به‌دست آمد. همچنین نتایج حاصل نشان داد تراکم ۴۰ بوته باقلا+۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دارای بیشترین افزایش عملکرد خشک علوفه ذرت نسبت به تیمار شاهد بود. از سویی دیگر استفاده از تراکم‌های مختلف باقلا در تناوب به همراه کاربرد سطوح پایین‌تر کود نیتروژن باعث افزایش کارآیی‌های نیتروژن در ذرت علوفه‌ای شد. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که تراکم ۴۰ بوته باقلا به همراه کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ذرت علوفه‌ای و در شرایط آب و هوایی مشابه، می‌تواند به‌عنوان روشی مناسب در جهت تحقق‌بخشی از اهداف کشاورزی پایدار به‌خصوص کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. Abbasi, M.K., Khaliq, A., Shafiq, M., Kazmi, M., and Imran, A. 2010. Comparative effectiveness of urea N, poultry manure and their combination in changing soil properties and maize productivity under rainfed conditions in northeast Pakistan. Experimental Agriculture 46: 211-230.
2. Al-Suhaibani, N., El-Hendawy, S., and Schmidhalter, U. 2013. Influence of varied plant density on growth, yield and economic return of drip irrigated faba bean (*Vicia faba* L.). Turk Journal of Field Crops 18: 185-197.
3. Anafjeh, Z., Fathi, G., Ebrahimpour, F., Zand, E., and Chaab, A. 2008. Study on competitiveness of wild oat (*Avena fatua* L.) with wheat (*Triticum aesativum* L.) chamran cultivar. Iranian Journal of Weed Science 4(1): 35- 46. (In Persian with English abstract).
4. Beslemes, D.F., Tigka, E.L., Efthimiadis, P., and Danalatos, N.G. 2013. Maize biomass production, N-use efficiency and potential bioethanol yield, under different cover cropping managements, nitrogen Influxes and soil types, in Mediterranean climate. Journal of Agriculture Science 5(7): 189-205.
5. Boddey, R.M., Jantalia, C.P., Conceicao, P.C., Zanatta, J.A., Bayer, C., Mielnizuk, J., Dieckow, J., Dos Santos, H.P., Denardin, J.P., Aita, C., Giacomini, S.J., Alves, B.J.R., and Urquiaga, S. 2010. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero till subtropical agriculture. Global Change of Biology 16: 784-795.
6. Chen, Y., and Barak, Ph. 1982. Iron nutrition of plants in Calcareous soils. Advanced Agronomy 35: 217-240.
7. Congreves, K.A., Hayes, A., Verhallen, E.A., and Van Eerd, L.L. 2018. Long-term impact of tillage and crop rotation on soil health at four temperate agroecosystems. Soil and Tillage Research 152: 17-28.
8. Dabaghzadeh, M., Fathi, Gh., Bakhshandeh, A., and Alami-saeid, Kh. 2016. The effect of weed interference time and plant densityon weeds control and broad bean (*Vicia faba* L.) yield. Iranian Journal of Field Crops Research 14(2): 2015-225.
9. Dawson, J.C., Huggins, D.R., and Jones, S.S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. Field Crops Research 107: 89-101.
10. El-Gizawy, N.Kh.B. 2009. Effects of nitrogen rates and plant density on agronomic nitrogen use efficiency and maize yield following wheat and faba bean. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science 5(3): 378-386.
11. Etemadi, F., Hashemi, M., Zandvakili, O., and Sadeghpour, A. 2018. Nitrogen contribution from winter-killed faba bean cover crop to spring-sown sweet corn in conventional and no-till systems. Agronomy Journal 110(2): 455-62.
12. Franke A.C., Van den Brand G.J., Vanlauwe B., and Giller K.E. 2018. Sustainable intensification through rotations with grain legumes in Sub-Saharan Africa: A review. Agriculture, Ecosystems & Environment 261: 172-185.
13. Gaudin, A.C.M., Westra, S., Loucks, C., Janovicek, K., Martin, R., and Deen, W. 2013. Improving resilience of northern field crop systems using inter-seeded red clover: A review. Agronomy 3: 148-180.
14. Ghazvineh, S., and Yousefi, M. 2012. Study the effect of micronutrient application on yield and yield components of maize. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 12: 144-147.
15. Ghorbi, S., Ebadi, A., Khomari, S., and Hashemi, M. 2021. The effect of nitrogen fertilizer and faba bean density in rotation, on maize nitrogen use efficiency under no-till system. Iranian Journal of Field Crops Research 19(3): 299-309.
16. Ginakes, P., Grossman, J.M., Baker, J.M., Dobbratz, M., and Sooksa-nguan, T. 2018. Soil carbon and nitrogen dynamics under zone tillage of varying intensities in a kura clover living mulch system. Soil Tillage Research 184: 310-316.
17. Grassini P., Thorburn J., Burr C., and Cassman K.G. 2011. High-yield irrigated maize in the Western US Corn Belt: I. On-farm yield, yield potential, and impact of agronomic practices. Field Crop Research 120: 142-150.
18. Hobbs, P.R. 2007. Conservation agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production. Journal Agriculture Science 145: 127-137.
19. Huggins, D.R., and Pan, W.L. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Journal Agronomy 85: 898-905.

20. Jalli, M., Huusela, E., Jalli, H., Kauppi, K., Niemi, M., Himanen, S., and Jauhiainen, L. 2021. Effects of crop rotation on spring wheat yield and pest occurrence in different tillage systems: a multiyear experiment in finish growing conditions Frontiers in sustainable food systems. Frontiers in Sustainable Food Systems 5: 1-14.
21. Karkanis, A., Ntatsi, G., Lepse, L., Fernández, J.A., Vågen, M.I., Rewald, B., Alsiņa, I., Kronberga, A., Balliu, A., Olle, M., Bodner, G., Dubova, L., Rosa, E., and Savvas, D. 2018. Faba bean cultivation revealing novel managing practices for more sustainable and competitive European cropping systems. Frontiers in Plant Science 9: 1115.
22. Kebede, M., Sharma, J.J., Tana, T., and Nigatu, L. 2015. Effect of plant spacing and weeding frequency on weed infestation, yield components, and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Eastern Ethiopia. East African Journal of Science 9(1): 1-12.
23. Kermah, M., Franke, A.C., Ahiabor, B.D.K., Adjei-Nsiah, S., Abaidoo, R.C., and Giller, K.E. 2019. Legume-maize rotation or relay? Options for ecological intensification of smallholder farms in the *Guinea savanna* of northern Ghana. Experimental Agriculture 55: 673-691.
24. Lamptey, S., Yeboah, S., and Li, L. 2018. Response of maize forage yield and quality to nitrogen fertilization and harvest time in semi-arid northwest China. Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry 1: 1-10.
25. Lehman, R.M., Osborne, S.L., and Duke, S.E. 2017. Diversified no-till crop rotation reduces nitrous oxide emissions, increases Soybean yields, and promotes soil carbon accrual. Soil Science Society of America Journal 81: 76-90.
26. Liu, K., Bandara, M., Hamel, C., Knight, J.D., and Gan, Y. 2020. Intensifying crop rotations with pulse crops enhances system productivity and soil organic carbon in semi-arid environments. Field Crops Research 248: 107657.
27. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R.J., and Redondo, R. 2005. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. Field Crops Research 94: 86 -97.
28. Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., and Kamgar haghighi, A.A. 2008. Effects of nitrogen different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn. Crop Production 1(2): 67-85. (in Persian with English abstract).
29. Malek Maleki, F., Majnonhoseini, N., and Alizade, H. 2013. A survey on the effects of weed control treatments and plant density on lentil growth and yield. Production of Crops Journal 6(2): 135-148.
30. Malik, C.S, Sowanton, C.J., and Michaels, T.E. 1993. Interaction of white bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars, row spacing and seed density with annual weeds. Weed Science 41: 62-68.
31. Mohamed, S.S.E., and Babiker, H.M. 2012. Effects of Rhizobium inoculation andurea fertilization on faba bean (*Vicia faba* L.) production in a semi-desert zone. Advances in Environmental Biology 6: 824-830.
32. Oliveira, M., Barré, P., Trindade, H., and Virto, I. 2019. Different efficiencies of grain legumes in crop rotations to improve soil aggregation and organic carbon in the short-term in a sandy Cambisol. Soil Tillage Research 186: 23-35.
33. Pandiaraj, S., Selvaraj, T., and Ramu, N. 2015. Effects of crop residue management and nitrogen fertilizer on soil nitrogen and carbon content and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) in two cropping systems. Journal Agricultural Science Technology 17: 249-260.
34. Perry, L.J., and Compton, W.A. 1977. Serial measures of dry matter accumulation and forage quality of leaves, stalks and ear of three maize hybrids. Agronomy Journal 69: 751-755.
35. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare-Feizabadi, A., Koocheki, A.R., and Nassiri-Mahallati, M. 2010. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. Australian Journal of Crop Science 4(5): 363-368.
36. Rakshit, D., Sahu, G., Mohanty, A.K., Satpathy, K.K., Jonathan, M.P., Murugan, K., and Sarkar, S.K., 2017. Bioindicator role of tintinnid (Protozoa: Ciliophora) for water quality monitoring in Kalpakkam, Tamil Nadu, south east coast of India. Marine Pollution Bulletin 114: 134-143.
37. Renwick, L.L.R., Bowles, T.M., Deen, W., and Gaudin, A.C.M., 2018. Potential of Increased Temporal Crop Diversity to Improve Resource Use Efficiencies, In: Agroecosystem Diversity. pp: 55-73.
38. Rocha, K.F. *et al.* 2020. Cover crops affect the partial nitrogen balance in a maize-forage cropping system. Geoderma 360: 114000.
39. Sarkhosh, A., and Abotalebian, M.A. 2013. Nitrogen use efficiency, yield and some agronomic characteristics of maize under prime seed and nitrogen application time. Journal of Crop Improvment 15(3): 117-128.

40. Shapiro, S.S., and Wilk, M.B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52: 591-611.
41. Siczek, A., and Lipiec, J. 2016. Impact of faba bean-seed rhizobial inoculation on microbial activity in the rhizosphere soil during growing season. International Journal of Molecular Sciences17: 784-800.
42. Sillero, J.C., Villegas-Fernández, A.M., Thomas, J., Rojas-Molina, M.M, Emeran, A.A., Fernández-Aparicio, M., and Rubiales, D. 2010. Faba bean breeding for disease resistance. Field Crops Research 115: 297-307.
43. Somani, L.L. 1992. Dictionary of Weed Science. Agrotech Publishing Academy (India).
44. Soon, Y.K., Clayton, G.W., Rice, and W.A. 2001. Tillage and previous crop effects on dynamics of nitrogen in a wheat–soil system. Agronomy Journal 93: 842-849.
45. Tariq Jan, M., Jamal Khan, M., Khani, A., Arifi, M., Shafi, M., and Farmanullah, H. 2010. Wheat nitrogen indices response to nitrogen source and application time. Pakistan Journal Botany 42(6): 4267-4279.
46. Tolera, A., Daba, F., and Friesen, D.K. 2009. Effects of crop rotation and N-P fertilizer rate on grain yield and related characteristics of maize and soil fertility at Bako Western Oromia, Ethiopia. East African Journal of Science 3: 70-79.
47. Triplett, G., Jr, B., and Dick W.A. 2008. No-tillage crop production: A revolution in agriculture. Agronomy Journal 100: 153-115.
48. Uzoh, I.M., Arizechukwu Igwe, Ch., Okebalama, C.B., and Babalola, O.O. 2019. Legume-maize rotation effect on maize productivity and soil fertility parameters under selected agronomic practices in a sandy loam soil. Scientific Reports 9: 8539.
49. Woodley, A.L., Drury, C.F., Yang, X.M., Reynolds, W.D., Calder, W., and Oloya, T.O. 2018. Streaming urea ammonium nitrate with or without enhanced efficiency products impacted corn yields, ammonia, and nitrous oxide emissions. Agronomy Journal 110: 444-454.
50. Zhang, X., Davidson, E.A., Mauzerall, D.L., Searchinger, T.D., Dumas, P., and Shen, Y. 2015. Managing nitrogen for sustainable development. Nature 528: 51-59.

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: **https://ijpr.um.ac.ir**
Vol. 13, No. 2, December 2022, p. 104-120 (Original Research Article)

Study of forage corn (*Zea maize* L.) yield as affected by faba bean (*Vicia faba* L.) density and mineral nitrogen in no-till system

Ghorbi[1], Samaneh; Ebadi[2*], Ali; Khomari[3], Saeid; and Hashemi[4], Masoud

1. PhD. Candidate of Agronomy, Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran; smn.ghorbi.ch@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0125-5924
2. Professor, Agronomy, Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran; ali.ebadi.khazineh@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6486-6757
3. Associate Professor, Agronomy, Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran; saeid.khomari@gmail.com; ORCID: 0000-0002-4926-5320
4. Professor, Agronomy, Crop Physiology, Stockbridge School of Agriculture, University of Massachusetts, Amherst, MA, USA; masoud@umass.edu; ORCID: 0000-0002-6126-4208

The Dates:
Received: 2 July 2022; **Revised:** 12 July 2022
Accepted: 30 August 2022; **Available Online:** 5 September 2022

How to cite this article:
Ghorbi, S., Ebadi, A., Khomari, S., and Hashemi, M. 2022. Study of forage corn (*Zea maize* L.) yield as affected by faba bean (*Vicia faba* L.) density and mineral nitrogen in no-till system. Iranian Journal of Pulses Research 13(2): 104-120. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v13i2.2206-1038

Introduction

Nitrogen fertilizers are commonly used to increase economic performance in corn production. However, it should be noted that nitrogen added to the soil in crop ecosystems is not fully available to the plant and may be leached. In this context, many studies have investigated various crop production methods to improve soil health and reduce soil nitrogen losses. Crop rotation and no-till may be an appropriate method to improve soil health and increase soil organic carbon and total nitrogen. In this experiment, it was assumed that growing faba beans in rotation with forage corn and applying sustainable agriculture can greatly reduce the need for nitrogen fertilizer in corn and increase nitrogen use efficiency compared to monoculture corn. The objective of this experiment was to determine the appropriate plant density of faba bean and its effect on crop rotation with forage corn, and to evaluate the nitrogen fertilization efficiency of corn.

Materials and Methods

A two-year experiment was conducted in 2018-2019 as a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replicates at the research farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, university of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. The experimental treatments were different plant densities of faba bean (25, 35, 40 and 80 plants m^{-2}) and different nitrogen (N) fertilizer rates (0, 100, 200 and 300 kg ha^{-1}) in forage corn. Shadan cultivar of faba bean was planted in this experiment and it was harvested manually at the physiological maturity stage. The corn variety was the single cross hybrid 201, which was planted at the density of 80000 plants ha^{-1} in the residue rows of faba bean. Nitrogen fertilizer (as urea) was applied three times at the V_5 stage of corn. Three corn plants were harvested at the milk stage and then oven dried at 70 °C for 72 h and weighed. Traits studied in this experiment were include grain yield, 100-grain weight, harvest index, biological yield and weed control efficiency in faba bean and fresh and dry forage yield, protein yield, nitrogen recovery efficiency, nitrogen agronomic efficiency and nitrogen productivity in forage corn. Statistical analysis of data was performed using SAS 9.4 software, and significant differences between treatment means were tested using the Duncan's Multiple Range Test at $P < 0.05$.

* **Corresponding Author:** ali.ebadi.khazineh@gmail.com

Results and Discussion

Faba bean

The highest grain yield was obtained at plant density of 80 plants.m^{-2}, 100-grain weight, and HI were observed at plant densities 40 plant.m^{-2} and the densities of 80 and 40 plants had the highest Reduction percentage in dry weight of weeds and biological yield. It seems that an increase in plant density, especially at the beginning of the growing season, results in complete coverage of the soil with plants and reduces the competitive ability of weeds. In addition, with higher plant density, solar radiation on the plant canopy increases, so less light is available for weeds and the germination rate of weed seeds decreases. The result of cultivation shows higher competitive power and the results were obtained.

Corn

Our results showed that using faba bean in rotation with forage corn can reduce the need for nitrogen fertilizer. The results of the mean comparisons showed that the highest dry forage yield of corn was obtained at the density of 40 faba bean plants+200 kg N ha^{-1}, representing an increase of 155% compared to the control treatment. Corn yield is very sensitive to nitrogen deficiency. On the other hand, using of legumes in crop rotations can improve crop access to nitrogen. Addition, the highest protein yield was observed at the density of 40 faba bean plants+200 kg N ha^{-1} and 35 faba bean plants+200 kg N ha^{-1}. Density of 40 faba bean plants+no application of N fertilizer had the highest nitrogen recovery efficiency and nitrogen agronomic efficiency. Thus, it can be concluded that the combined application of nitrogen fertilizer and the use of faba bean in the crop rotation increases the availability and uptake of nitrogen and also increases the efficiency of this element at a stage of plant growth when nitrogen uptake is high. Therefore, the corn yield was higher in these treatments

Conclusion

In this experiment, the effects of plant density of faba bean on the yield of this crop and the effects of crop rotation on nitrogen yield and efficiency of forage corn were studied. The results showed that the highest grain yield, 100-grain weight, biological yield, and bean harvest index were obtained at plant densities 40 and 80 plant. The results also showed that the density of 40 bean plants+200 kg N ha^{-1} had the highest increase in dry forage yield of corn compared to the control. It can be concluded that the density of 40 faba bean plants+200 kg N ha^{-1} in forage corn under similar climatic conditions may be a suitable method to reduce the use of chemical N fertilizer.

Keywords: Legumes; N agronomic efficiency، N productivity، Rotation